

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.06.005

某型步兵战车 100 毫米杀爆弹对混凝土工事射击效果评估

刘洪甜, 王东军, 张金忠, 刘全胜, 林海
(装甲兵工程学院 兵器工程系, 北京 100072)

摘要: 为评估某型步兵战车 100 毫米杀爆弹对混凝土工事的射击效果, 从分析步兵战车 100 毫米炮杀爆弹射击的误差入手, 将误差进行合成, 分析并计算其命中概率和弹药杀伤机理, 并在此基础上进行仿真, 从而得出 100 毫米炮杀爆弹对混凝土工事射击效果的规律, 探讨步兵战车执行对混凝土工事射击任务时应该运用的射击方式。结果表明, 步兵战车 100 毫米杀爆弹在不同的射击距离上对钢筋混凝土工事的射击效果不同; 在相应的射击距离内对钢筋混凝土工事应该采用集火射击; 对不同类型钢筋混凝土工事的射击效果不同。

关键词: 步兵战车; 杀爆弹; 射击效果; 命中概率; 仿真

中图分类号: O241; N945.16 **文献标识码:** B

Estimation Fire Productivity to Fire Concrete Works by 100-Millimeters High Explosive Shell of Certain Type Infantry Combat Tank

LIU Hong-tian, WANG Dong-jun, ZHANG Jin-zhong, LIU Quan-sheng, LIN Hai
(Dept. of Weaponry Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: To estimate the fire productivity to fire concrete works by 100-millimeters high explosive shell of certain type infantry combat tank, analyze fire error of 100-millimeters high explosive shell, analyze and calculate kill mechanization of ammunition and hit probability; and draw the law about the fire productivity to fire concrete works by 100-millimeters high explosive shell through simulation, then research which fire fashion should be taken when infantry combat tank fire concrete works. As it turns out, fire productivity is difference in different firing distant, concentrate-firing should be taken in the certain shooting distant, and fire productivity is different to varied kind concrete works.

Keywords: Infantry combat tank; High explosive shell; Fire productivity; Hit probability; Simulation

0 引言

某型步战车火力系统的主要组成部分是 100 毫米炮低压线膛炮。100 毫米炮能够发射 100 毫米杀伤爆破弹(简称为杀爆弹)。在作战中, 步兵战车可以使用 100 毫米炮杀爆弹对装甲目标、工事目标、有生力量进行射击。杀爆弹对目标的射击效果^[1-2]将直接决定步战车的火力运用方法。射击效果的评价指标分为经济性指标和可靠性指标。其中, 可靠性指标表示完成射击任务可能性大小的概率数值。

目前, 由于保密等原因, 国外对于杀爆弹对混凝土工事射击效果评估的研究状况, 很难查阅到相关资料。国内对于步战车杀爆弹的射击研究仅仅停留在误差分析和命中概率上, 且存在很多值得商榷的地方^[3]。故选择射击的可靠性指标作为评估某型步兵战车 100 毫米炮榴弹对混凝土工事射击效果的评价指标, 并采用模拟数据对其射击效果进行评估。

1 100 毫米炮的射击误差组成

只有从步兵战车射击误差入手分析, 射击效果

的评估才是可信的。步兵战车射击误差主要由射击准备误差和射弹散布误差组成^[1]。

1.1 射击准备误差

射击准备误差影响的是散布中心对瞄准点的偏差, 可分为武器系统误差和环境数据误差 2 类。射击准备误差分析是在射击前进行射击准备时产生的, 最终反映在自动或人工装定射击诸元上, 由于误差的存在, 射击诸元装定不准确, 使射弹产生偏差。影响步兵战车 100 毫米杀爆弹射击精度的射击准备误差主要因素有:

1) 武器系统误差

(1) 火控系统误差

① 计算机解算误差: E_{jsgz} 、 E_{jsfz}

② 射表误差: E_{sbgz} 、 E_{sbfz}

(2) 武器校正误差: E_{jzgz} 、 E_{jzfz}

(3) 弹道条件修正误差

① 初速修正误差: E_{csgz}

② 药温修正误差: E_{ywgz}

③ 偏流误差: E_{plfz}

收稿日期: 2010-01-11; 修回日期: 2010-03-01

作者简介: 刘洪甜(1976-), 男, 山东人, 硕士, 讲师, 主要从事装甲武器运用研究。

2) 环境数据误差

(1) 气温修正误差: E_{qwgz} (2) 气压修正误差: E_{qygz}

1.2 射弹散布误差

射弹散布误差影响的是每一发射弹对散布中心的偏差。影响步兵战车 100 毫米杀爆弹射击精度的可分为瞄准误差、武器系统误差和环境数据误差 3 类。这种偏差是随机的。

1) 瞄准误差: E_{mzgs} 、 E_{mzfs}

2) 武器系统误差

(1) 测量误差

① 测距误差: E_{cjgs} ② 测定目标运动速度误差: E_{csfs} ③ 火炮耳轴倾斜测量误差: E_{cqgs} 、 E_{cqfs} ④ 瞄准线稳定误差: E_{mwgs} 、 E_{mwfs} (2) 武器校正保持误差: E_{bcgs}

(3) 炮控系统误差

① 稳像工况火炮的稳定误差: E_{hwgs} 、 E_{hwfs} ② 炮镜同步误差: E_{tbgs} 、 E_{tbfs} ③ 火炮装定误差: E_{zdgs} 、 E_{zdfs} ④ 火炮随动瞄准线误差: E_{sdgs} 、 E_{sdfs}

(4) 火炮结构误差

① 火炮身管弯曲误差: E_{wqgs} ② 火炮间隙误差: E_{jxgs} 、 E_{jxfs} (5) 技术散布误差: E_{gsgs} 、 E_{gsfs}

3) 环境数据误差

(1) 阵风误差: E_{zffs} (2) 横风修正误差: E_{hffs} (3) 纵风误差: E_{zfgs}

2 射击误差的合成

射击误差是射击准备误差和射弹散布误差矢量和。步兵战车可在原地和行进间对运动和不动目标进行射击, 总的射击误差也必须根据不同的射击方式进行计算。但是由于步战车装备有稳像火控系统, 100 毫米杀爆弹行进间射击与停止间射击相比, 误差并不大, 根据小误差可忽略原则^[1], 合成时没有考虑行进间射击产生的小误差。杀爆弹的射击准备误差的高低概率误差 E_{gz} 和方向概率误差 E_{fz} 分别为:

$$E_{gz} = \sqrt{(E_{jsgz})^2 + (E_{sbgz})^2 + (E_{jzgz})^2 + (E_{csgz})^2 + (E_{ywgz})^2 + (E_{qwgz})^2 + (E_{qygz})^2}$$

$$E_{fz} = \sqrt{(E_{jsfz})^2 + (E_{sbfz})^2 + (E_{jfz})^2 + (E_{plfz})^2} \quad (1)$$

射击散布误差的高低概率误差 E_{gs} 和方向概率误差 E_{fs} 分别为:

$$E_{gs} = \sqrt{(E_{mzgs})^2 + (E_{cjgs})^2 + (E_{cqgs})^2 + (E_{mwgs})^2 + (E_{bcgs})^2 + (E_{hwgs})^2 + (E_{tbgs})^2 + (E_{zdgs})^2 + (E_{sdgs})^2 + (E_{wqgs})^2 + (E_{jxgs})^2 + (E_{gsgs})^2 + (E_{gsfs})^2 + (E_{zfgs})^2}$$

$$E_{fs} = \sqrt{(E_{mzfs})^2 + (E_{csfs})^2 + (E_{cqfs})^2 + (E_{mwfs})^2 + (E_{hwfs})^2 + (E_{tbfs})^2 + (E_{zdfs})^2 + (E_{sdfs})^2 + (E_{jxfs})^2 + (E_{gsgs})^2 + (E_{zffs})^2 + (E_{hffs})^2} \quad (2)$$

则射击误差的高低综合误差 E_g 和方向综合概率误差 E_f 分别为:

$$E_g = \sqrt{(E_{gz})^2 + (E_{gs})^2} \quad E_f = \sqrt{(E_{fz})^2 + (E_{fs})^2} \quad (3)$$

3 杀爆弹对混凝土工事射击的命中概率

命中概率是预期命中弹数与发射弹数的比值。影响命中概率的主要因素是武器和目标。武器方面主要是射击误差的大小, 目标方面主要是目标暴露的垂直投影面积大小。计算 100 毫米杀爆弹对混凝土工事射击的命中概率可以应用 $\Phi(\beta)$ 函数法:

$$P_{mgd} = P_1 M_c = P_g P_f M_c \quad (4)$$

$$= \frac{1}{4} \left[\Phi\left(\frac{y_2}{E_g}\right) - \Phi\left(\frac{y_1}{E_g}\right) \right] \left[\Phi\left(\frac{x_2}{E_f}\right) - \Phi\left(\frac{x_1}{E_f}\right) \right] M_c$$

式中, y 为混凝土工事目标高的一半, x 为目标宽的一半。 M_c 为目标体形系数。

4 杀爆弹对混凝土工事射击效果评估

射击效果是指完成射击任务的有效程度, 对于直瞄武器来说, 通常用命中概率与命中条件下毁伤概率乘积来表示。100 毫米杀爆弹对单个钢筋混凝土目标的射击效果主要从杀爆弹对人员及其武器的杀伤、钢筋混凝土的侵彻效应和爆破效应研究。杀爆弹对钢筋混凝土射击时, 会出现 3 种命中结果: 命中工事的射击孔或者观察孔、命中工事但是没有命中工事的射击孔或者观察孔、没有命中。命中工事的射击孔或者观察孔结果是没有毁伤工事, 但是达到了毁伤工事内人员和武器的目的。从目前的混

凝土工事内的体积和 100 毫米杀爆弹杀伤半径来说，杀爆弹在工事内爆炸，工事内的人员及其武器基本被毁伤，所以，可认为命中条件下的毁伤概率为 1。射击效果评估还要考虑命中概率，命中工事的射击孔或者观察孔的概率为命中工事下的条件概率。因为步战车 100 毫米杀爆弹相对工事面积来说，射弹散布较大，可认为命中弹在工事的垂直投影面上是均匀分布的，射击孔或者观察孔面积相对工事面积较小，故可用工事的射击孔或者观察孔垂直投影面与工事的垂直投影面之比表示命中工事的射击孔或者观察孔的概率，则射击效果可以表示为：

$$P_{skxl} = \frac{S_{sk}}{S_z} \times P_{mzgl} \quad (5)$$

式中， P_{skxl} 表示射击效果， S_{sk} 表示工事的射击孔或者观察孔垂直投影面， S_z 表示工事的垂直投影面， P_{mzgl} 表示射弹命中工事的概率。

侵彻效应用弹丸的侵彻深度来表示。侵彻深度可用别列赞无介质侵彻全行程公式计算：

$$H = \lambda k_0 \frac{G}{D^2} V_d \frac{\cos(n\alpha)}{\sqrt{\cos\alpha}} \quad (6)$$

式中： H 为 100 毫米杀爆弹侵彻深度， λ 为弹丸头部形状系数， D 为弹丸直径， k_0 为侵彻系数（因为 100 毫米杀爆弹头部形状与榴弹一致，所以弹丸头部形状系数和侵彻系数都取榴弹的系数）， V_d 为弹丸在相应距离上的着速（射表中的落速）， n 为弹丸转弯系数， α 为法线角（射表中的落角）。

根据计算和射击试验，100 毫米杀爆弹很难穿透钢筋混凝土工事。但是其命中后的剧烈震动和强大的冲击波可以杀伤工事内的有生力量。而且命中后的震动剧烈和冲击波的大小与侵彻深度成正比。可以用命中工事但是没有命中工事的射击孔或者观察孔的概率与命中后侵彻深度的乘积，除以钢筋混凝土工事的厚度，再乘以一个系数来表示射击效果：

$$P_{qbxg} = k \times \frac{H}{H_h} \times \left(1 - \frac{S_{sk}}{S_z}\right) \quad (7)$$

式中， P_{qbxg} 表示命中钢筋混凝土工事外墙壁后的射击效果， k 为振动冲击系数，可以通过试验获得，作为调整不同榴弹对钢筋混凝土工事射击效果的修正系数。

实验证明，100 毫米杀爆弹的爆破效应用相对较弱，没有命中钢筋混凝土工事时，其产生的空气冲击波峰值超压和冲击波冲量不足以毁伤工事，也不能给工事内的有生力量给以有效杀伤，可以认为没有命中就没有毁伤。

所以，100 毫米杀爆弹对单个钢筋混凝土目标射击效果就是命中工事的射击孔或者观察孔与命中工事但是没有命中工事的射击孔或者观察孔射击效果之和：

$$P = P_{skxl} + P_{qbxg} \quad (8)$$

5 射击效果评估仿真

运用 Matlab 编制程序来进行仿真模拟。仿真 100 毫米杀爆弹对掘开式火炮工事、棱形堡、班用堡射击效果如图 1（由于保密原因，给出的仿真结果并非真实结果）。

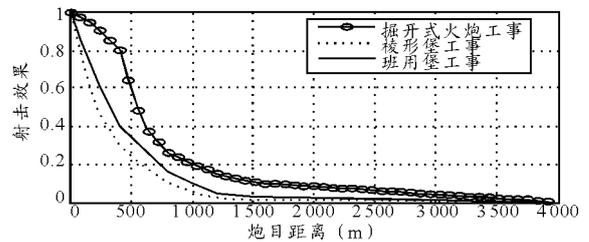


图 1 100 毫米杀爆弹对各种工事射击效果模拟结果

6 结束语

通过仿真模拟可得出以下结论：

- 1) 步战车 100 毫米杀爆弹在不同的射击距离上对钢筋混凝土工事的射击效果不同，超出了特定的射击距离，应该改用其它武器对其进行射击。
- 2) 步战车 100 毫米杀爆弹在相应的射击距离内对钢筋混凝土工事应该采用集火射击，不同的射击距离分别采用相应的门数的集火射击。
- 3) 步战车 100 毫米杀爆弹对不同类型的钢筋混凝土工事射击，效果不同，对某些工事效果很好，对某些工事效果很差。

参考文献：

[1] 王东军. 车载武器射击学[M]. 北京: 装甲兵工程学院, 2008: 170-218.
 [2] 王忠义. 坦克射击效率评定[M]. 蚌埠: 蚌埠坦克学院, 2003: 5.
 [3] 中国人民解放军射击学会. 新型步兵战车射击问题研究[C]. 石家庄: 射击学会, 2007.
 [4] 张志江. 某型步兵战车 100 毫米杀伤爆破榴弹毁伤效果分析[C]. 徐亦兵, 马洪军 // 中国人民解放军射击学会. 新型步兵战车射击问题研究. 石家庄: 射击学会, 2007: 64-69.
 [5] 总参谋部装甲兵部. 坦克射击学[M]. 北京: 解放军出版社, 1985: 359.
 [6] 张志涌. 精通 MATLAB6.5 版[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003: 107-200.
 [7] 张中星, 矫文成, 方威. 步兵战车射击训练仿真系统设计与实现[J]. 四川兵工学报, 2009(6): 58-59.